

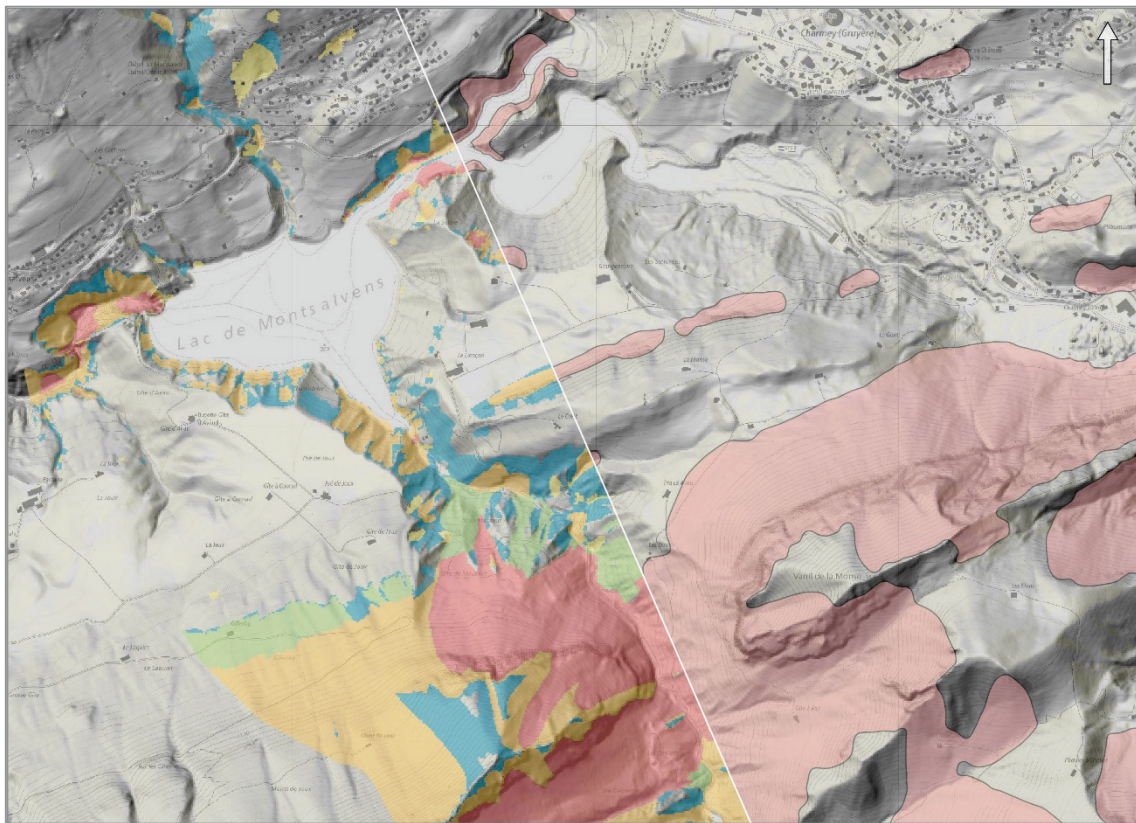


Terranum

Rue de l'industrie 35B
1030 Bussigny
Suisse

Cartes de danger indicatif

Mises en application sur l'ensemble du Canton à partir des nouvelles cartes des périmètres indicatifs d'atteintes pour les processus avalanches, chutes de blocs et glissements de terrain permanents et spontanés.



Par Clément Michoud

Pour le Service des forêts et de la nature SFN, Etat de Fribourg

Bussigny, le 29 juin 2023

Mandants

Service des forêts et de la nature (SFN)

Etat de Fribourg

Suivi par Benoît Mazotti

Référence

Contrat n° 0 / 21 / SFOR-3130.000 / 35

Auteur

Dr Clément Michoud, ingénieur géologue

Relecteur

Dr Thierry Oppikofer, géologue

Note

Terranum certifie l'exécution du mandat dans les règles de l'art, sur la base de l'état actuel des connaissances. L'expertise est fondée sur le principe que, sauf préavis contraire, toutes les informations et documents de bases remis par le mandant ou un tiers recommandé par lui sont exacts. Toute interprétation devra prendre en considération l'entier des résultats obtenus et recommandations émises, qui, par ailleurs, ne seront pas transposables à une autre région, même similaire, ou à des conditions in-situ modifiées.

Table des matières

1. Cadre et objectifs de l'étude	7
1.1. Contexte.....	7
1.2. Objectifs.....	7
2. Données sources.....	8
3. Rappels méthodologiques	9
3.1. Phénomènes considérés pour l'établissement des cartes.....	9
3.2. Simplification et lissage des périmètres indicatifs d'atteintes	9
4. Paramétrisations finales	11
5. Fichiers SIG remis	14

1. Cadre et objectifs de l'étude

1.1. Contexte

Les cartes indicatives de dangers permettent de cartographier les zones susceptibles d'être atteintes par un aléa gravitaire et/ou hydrologique sans toutefois préciser les intensités et probabilités d'occurrences de ces phénomènes ; elles constituent dès lors un prérequis essentiel pour une bonne gestion intégrée des risques naturels sur l'ensemble d'un territoire (OFEV 1997 et 2016 ; Fell et al. 2008 ; Guzzetti et al. 2012 ; Corominas et al. 2014).

Dans ce cadre, Terranum a réalisé en 2015, 2019 et 2023 pour le SFN une cartographie par modélisation numérique des périmètres indicatifs d'atteinte des dangers de chutes de pierres et de blocs, de glissements profonds et superficiels spontanés, de laves torrentielles et d'avalanches de neige sur l'ensemble du Canton de Fribourg. Seul l'inventaire des glissements profonds n'est disponible que sur le secteur des Préalpes fribourgeoises. La méthodologie détaillée et les résultats ont été consignés dans le rapport du 29 juin 2023 (Michoud et Horton 2023¹). A la différence des cartographies indicatives stricto sensu, ces périmètres indicatifs d'atteintes différencient les zones sources des périmètres de propagations modélisées, tout en définissant plusieurs classes de susceptibilités de ruptures et d'atteintes.

En 2020, un premier mandat réalisé par Terranum avait pour objectif de définir une méthodologie claire pour transformer ces périmètres indicatifs d'atteintes en cartes de dangers indicatives pour les processus de glissements de terrain profonds et superficiels, de chutes de blocs et d'avalanches de neige. Cette étude pilote a été réalisée sur l'ensemble de la commune test de Val de Charmey à une échelle de 1:15'000 (Michoud 2020²).

1.2. Objectifs

Ce mandat a pour **objectif de mettre en production sur l'ensemble du Canton la transformation des périmètres indicatifs d'atteintes en cartes de danger indicatif** pour les processus de glissements de terrain profonds et superficiels, de chutes de blocs et d'avalanches de neige selon la méthodologie Terranum de 2020.

1. Michoud C, Horton P (2023) Périmètres indicatifs d'atteintes de dangers d'avalanches de neige, de glissements de terrain, des chutes de pierres et de blocs, de glissements superficiels et de laves torrentielles. Mise à jour 2023. Rapport technique pour le Service des Forêts et de la Nature, Etat de Fribourg, 64 p
2. Michoud C (2020) Cartes de dangers indicatives - Projet pilote de mises à jour à partir des périmètres indicatifs d'atteintes : développements et applications dans la commune pilote de Val de Charmey pour les processus avalanches, chutes de blocs et glissements de terrain. Rapport technique pour le Service des Forêts et de la Nature, Etat de Fribourg, 20 p

2. Données sources

Dans le cadre de ce mandat, le SFN a mis à disposition de Terranum les données SIG suivantes :

- Topographie :
 - Modèle numérique de terrain haute résolution LiDAR SwissAlti3D 2019 (grille de 0.5 m dégradée à 5 m)
- Occupation du territoire :
 - Orthophotos recouvrant l'ensemble du territoire de 1998 à 2018
 - Cartographie de l'utilisation du territoire et de la couverture du sol du cadastre cantonal (Etat : octobre 2022) et du TLM3D 2.0 (Etat : 2020 sur Fribourg)
 - Cartographie vectorielle du peuplement forestier (Etat : octobre 2022)
 - Cartes topographiques nationales au 1:10'000 et 1:25'000
- Documents relatifs aux dangers naturels :
 - Périmètres indicatifs de dangers de glissements de terrain profonds permanents (Etat : février 2015)
 - Périmètres indicatifs de dangers de chutes de blocs, de glissements superficiels spontanés et d'avalanches de neige (Etat : juin 2023)
 - Inventaire des événements StorMe (Etat : octobre 2018)
 - Cartes de dangers naturels révisées pour les communes du Val de Charmey et de Jaun (Etat resp. : 2021 et 2023)

3. Rappels méthodologiques

Une méthode SIG a été développée pour permettre d'**extraire à partir des périmètres indicatifs d'atteintes d'origines une carte binaire** (absence ou présence de danger) regroupant les zones sources et les zones de propagations.

Ces développements méthodologiques ont pour objectif de **permettre une mise en œuvre rationnelle des cartes de dangers indicatives pour l'aménagement du territoire, tout en facilitant leur lisibilité et acceptabilité** par les professionnels en charge de ces thématiques au niveau communal. Pour ce faire et pour répondre aux besoins explicites du mandant, il est donc nécessaire de **(1) ne garder que les phénomènes et classes de susceptibilités pertinents et de (2) simplifier, généraliser et lisser les résultats bruts.**

Les types de phénomènes et classes de susceptibilités retenus pour l'établissement des cartes de dangers indicatives finales ont été **validés par le mandant selon son expérience du terrain, leur comparaison avec le cadastre des événements StorMe et les cartes de dangers récentes.**

3.1. Phénomènes considérés pour l'établissement des cartes

Les cartes d'origine des périmètres indicatifs d'atteintes différencient les zones sources des périmètres de propagations et comptent plusieurs classes de susceptibilités, différenciant les événements extrêmes de ceux plus courants (cf. Michoud et Horton 2023). Ces modélisations montrent donc l'ensemble des scénarios qu'il est possible d'envisager.

En fonction des objectifs de la méthodologie à mettre en place, les nouvelles cartes de danger indicatif ne considèrent que les événements les plus plausibles et ceux qui sont pertinents dans un but d'aménagement du territoire. Par exemple, la remobilisation de blocs dans des talus en forêt n'a pas été considéré car trop dépendante de conditions locales.

3.2. Simplification et lissage des périmètres indicatifs d'atteintes

Les cartes d'origine des périmètres indicatifs d'atteintes sont issues de modélisations numériques et donc pixelisées (grilles de 5 ou 10 m). Un lissage des limites est alors nécessaire.

Les cartes d'origine des périmètres indicatifs d'atteintes peuvent avoir en nombre conséquent soit des petits trous dans les grandes zones de propagations, soit de petites zones de propagations isolées au sein de grandes zones hors propagations. Bien qu'il ne s'agisse pas d'artéfacts et qu'ils soient topographiquement et/ou méthodologiquement justifiés, une généralisation et une simplification est nécessaire avant de transformer la donnée en carte de danger indicatif.

Les traitements SIG successifs suivants sont alors nécessaires :

- Pour simplifier les limites : fonctions de type *Buffer + x m* suivi d'un *Buffer - x m*
- Pour filtrer les trous et propagations isolées : fonction de type *Eliminate* en sélectionnant les polygones à filtrer selon leur superficie
- Pour lisser les limites : fonction de type *Smooth Polygon*, option *Peak*

4. Paramétrisations finales

Les tableaux suivants synthétisent les scénarios considérés par type de phénomène pour l'établissement des cartes de danger indicatif :

Tableau 1 : Scénarios utilisés pour la modélisation des périmètres d'atteinte et pour la carte indicative « chutes de blocs » (CHP)

	Périmètres d'atteinte	Carte indicative CHP
Phénomènes considérés	- Remobilisation de blocs (talus) - Chutes de blocs issues de falaises	- Chutes de blocs issues de falaises
Atteintes considérées	- Indicatives - Faibles - Moyennes - Elevées	- Indicatives, mais issues des sources moyennes et élevées (<i>i.e.</i> de falaises) seulement
Scénarios considérés	Avec/sans rôle protecteur de la forêt	Sans rôle protecteur de la forêt
Filtre de propagation	n.a.	Susceptibilité maximale > 0.5 %
Surface minimale	100 m ²	2'000 m ²

Tableau 2 : Scénarios utilisés pour la modélisation des périmètres d'atteinte et pour la carte indicative « glissements superficiels spontanés » (GLS)

	Périmètres d'atteinte	Carte indicative GLS
Phénomènes considérés	- Glissements de type coulée - Glissements simple roto-translation	- Glissements de type coulée - Glissements simple roto-translation
Atteintes considérées	- Coulées moyennes - Coulées élevées - Courtes moyennes - Courtes élevées	- Coulées moyennes - Coulées élevées - Courtes moyennes - Courtes élevées
Scénarios considérés	Avec/sans rôle protecteur de la forêt	Sans rôle protecteur de la forêt
Filtre de propagation	n.a.	Susceptibilité maximale > 0.5 %
Surface minimale	100 m ²	2'000 m ²
Traitement additionnel		Dans un but de lisibilité de la carte, les zones de propagations dans les falaises n'ont pas été considérées.

Tableau 3 : Scénarios utilisés pour la modélisation des périmètres d'atteinte et pour la carte indicative « avalanches de neige » (AVA)

	Périmètres d'atteinte	Carte indicative AVA
Phénomènes considérés	- Avalanches de type poudreuse - Avalanches de type coulée	- Avalanches de type coulée
Atteintes considérées	- Indicatives - Faibles - Moyennes - Elevées	- Faible, mais issues des sources moyennes et élevées seulement
Scénarios considérés	Avec/sans rôle protecteur de la forêt	Avec rôle protecteur de la forêt
Filtre de propagation	n.a.	Susceptibilité maximale > 0.5 %
Surface minimale	100 m ²	4'000 m ²

Tableau 4 : Scénarios utilisés pour la modélisation des périmètres d'atteinte et pour la carte indicative « glissements de terrain profonds actifs » (GLP)

	Périmètres d'atteinte	Carte indicative GLP
Périmètre de l'étude	Préalpes fribourgeoises seul.	Préalpes fribourgeoises seul.
Phénomènes considérés	- Tassement - Glissements	- Glissements profonds et actifs
Données sources	- GLP_Archives - GLP_Inventaire	- GLP_Archives - GLP_Inventaire
Profondeur	- Superficiel - Moyen - Profond - Indéterminé	- Moyen - Profond - Indéterminé
Activité	- Dormant ou Stabilisé - Actif - Indéterminé	- Actif - Indéterminé
Surface minimale	n.a.	10'000 m ²

Pour mémoire, les méthodes d'établissement des périmètres indicatifs d'atteintes d'origine, ainsi que la définition des classes de susceptibilités d'atteintes et leurs paramétrisations, sont détaillées dans Michoud et Horton 2023.

Le tableau suivant synthétise les paramètres des traitements SIG successifs utilisés pour l'établissement des cartes de danger indicatif :

Tableau 5 : Paramétrisation des traitements SIG pour chaque phénomène

	CHP	GLS	GLP	AVA
Taille du MNT d'origine	5 m	5 m	2 m	5 m
Taille des <i>Buffer</i> successifs	± 15 m	± 15 m	± 10 m	± 15 m
Surface minimale des zones de propagation	2'000 m ²	2'000 m ²	10'000 m ²	4'000 m ²
Surface maximale des trous bouchés	5'000 m ²	5'000 m ²	10'000 m ²	8'000 m ²
Tolérance de la fonction <i>Smooth Polygon / Peak</i>	75 m	75 m	50 m	75 m

5. Fichiers SIG remis

Les cartes de dangers indicatives suivantes sont rendues au format shapefile MN95-CH1903+ :

- CDI_AVA_Fr_v2023
- CDI_CHP_Fr_v2023
- CDI_GLP_Fr_v2023
- CDI_GLS_Coulee_Fr_v2023
- CDI_GLS_Court_Fr_v2023
- CDI_GLP_Fr_v2023

Pour chaque shapefile, la description des phénomènes considérés, des traitements SIG et des filtres appliqués sont décrits dans les chapitres 3 et 4.

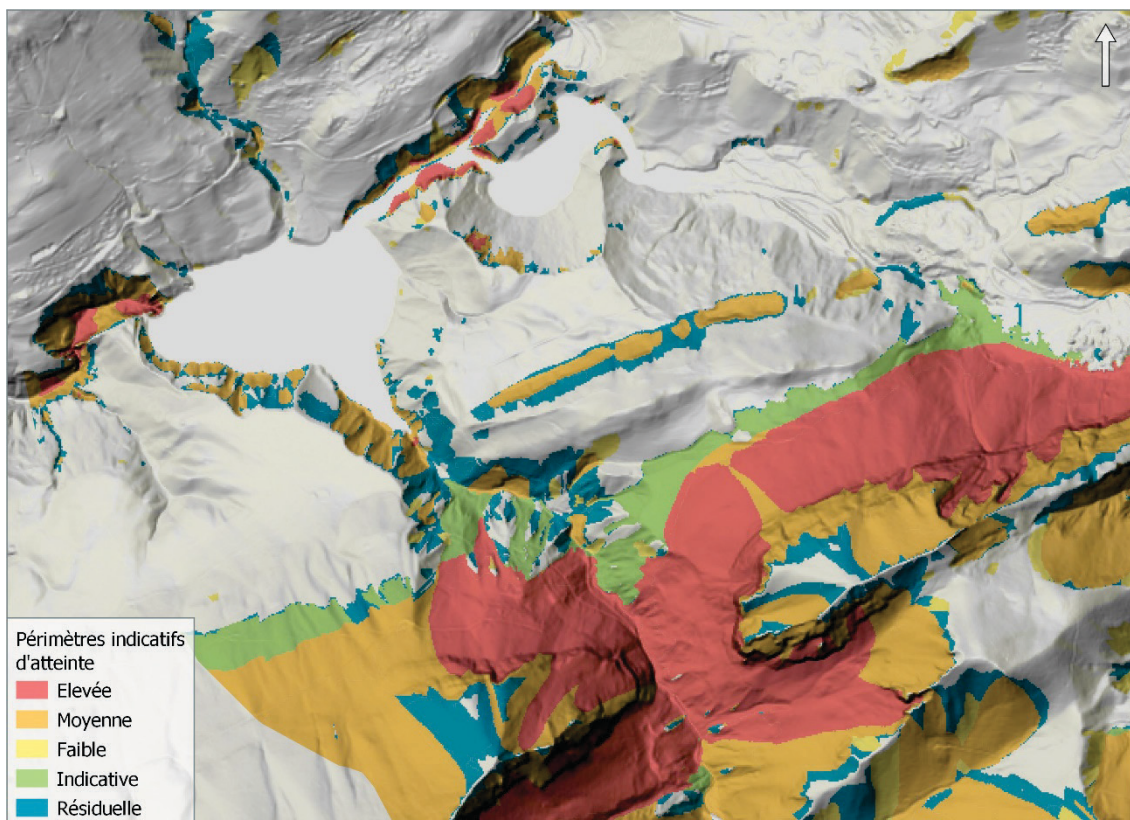


Figure 1 : Donnée source, i.e. périmètres indicatifs d'atteintes. Exemple du projet pilote pour CHP.

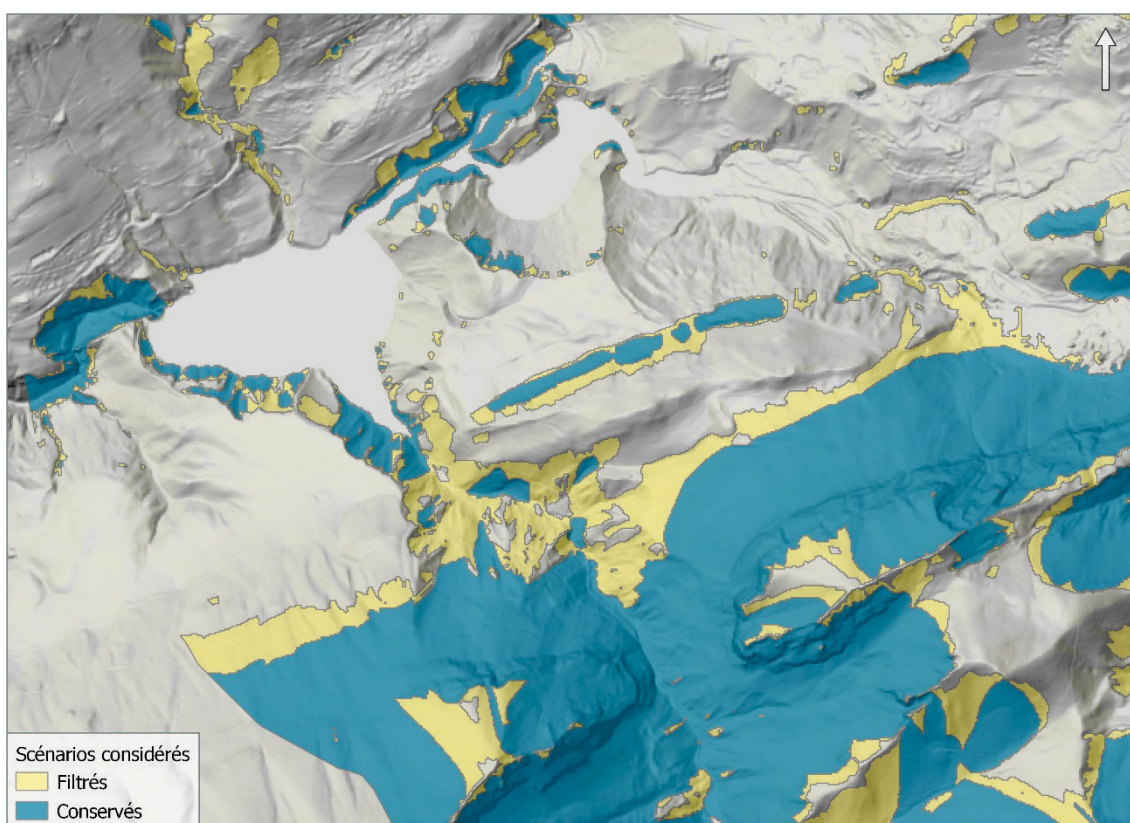


Figure 2 : Filtre des données sources selon les scénarios considérés. Exemple du projet pilote pour CHP.

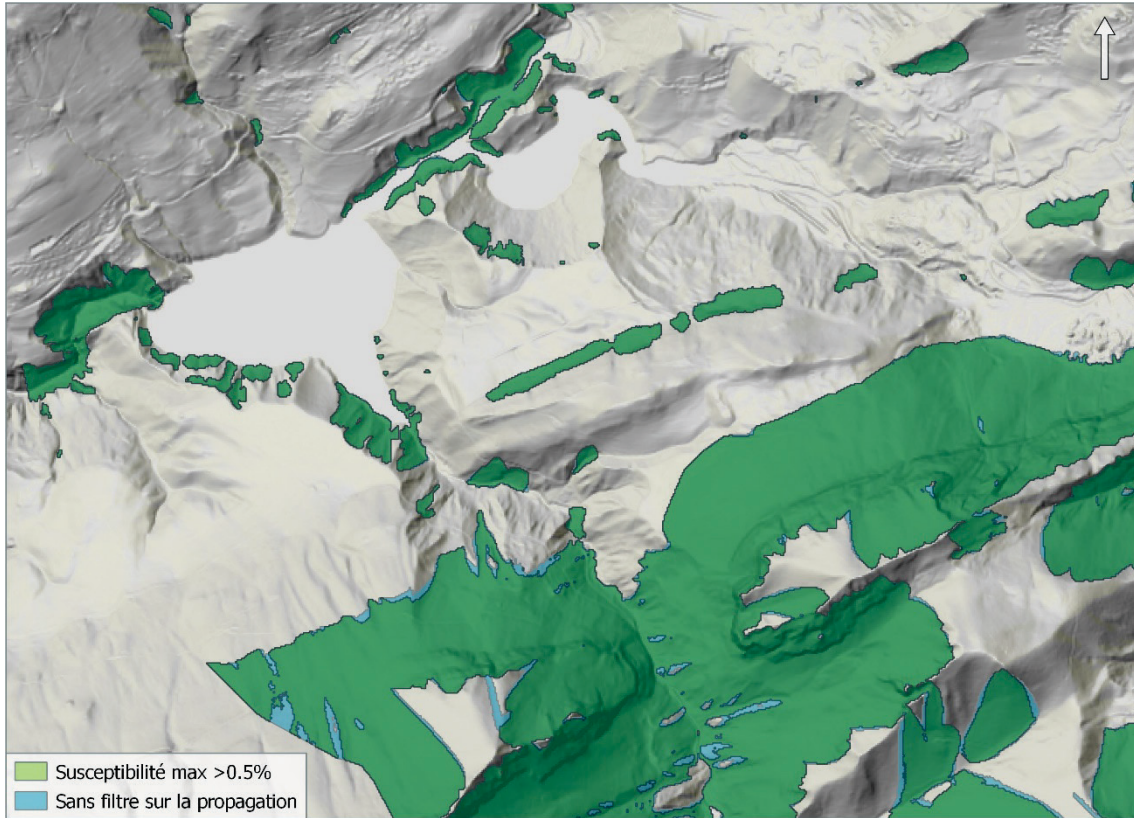


Figure 3 : Filtre des faibles susceptibilités de propagations. Exemple du projet pilote pour CHP.

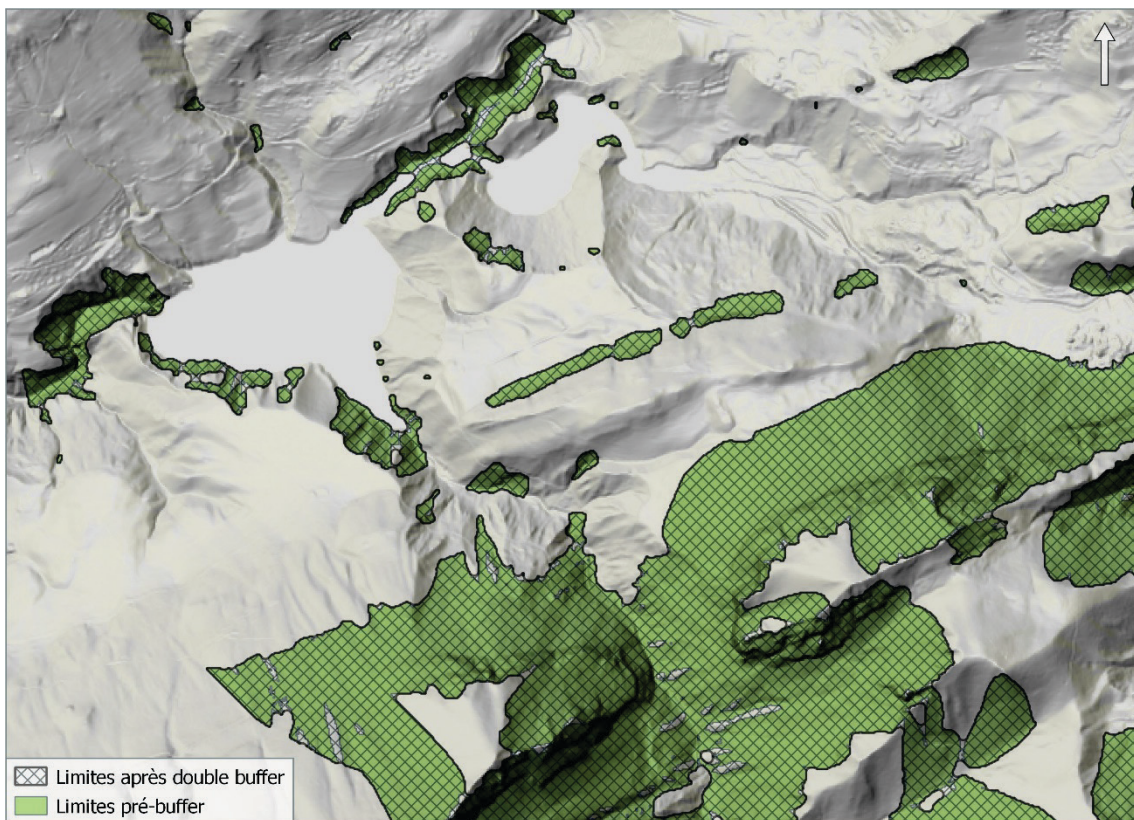


Figure 4 : Différences avant/après exécution du double *Buffer*. Exemple du projet pilote pour CHP.

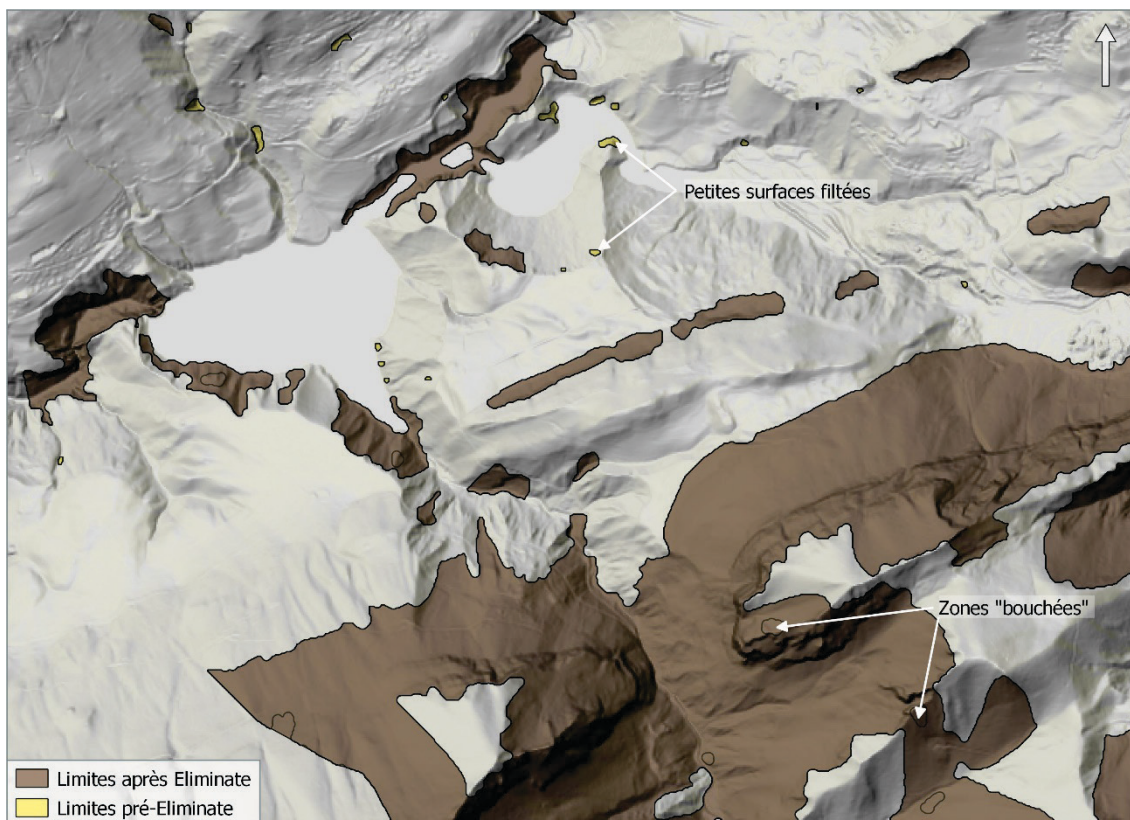


Figure 5 : Différences avant/après exécution du filtre *Eliminate* des petites surfaces. Exemple du projet pilote pour CHP.

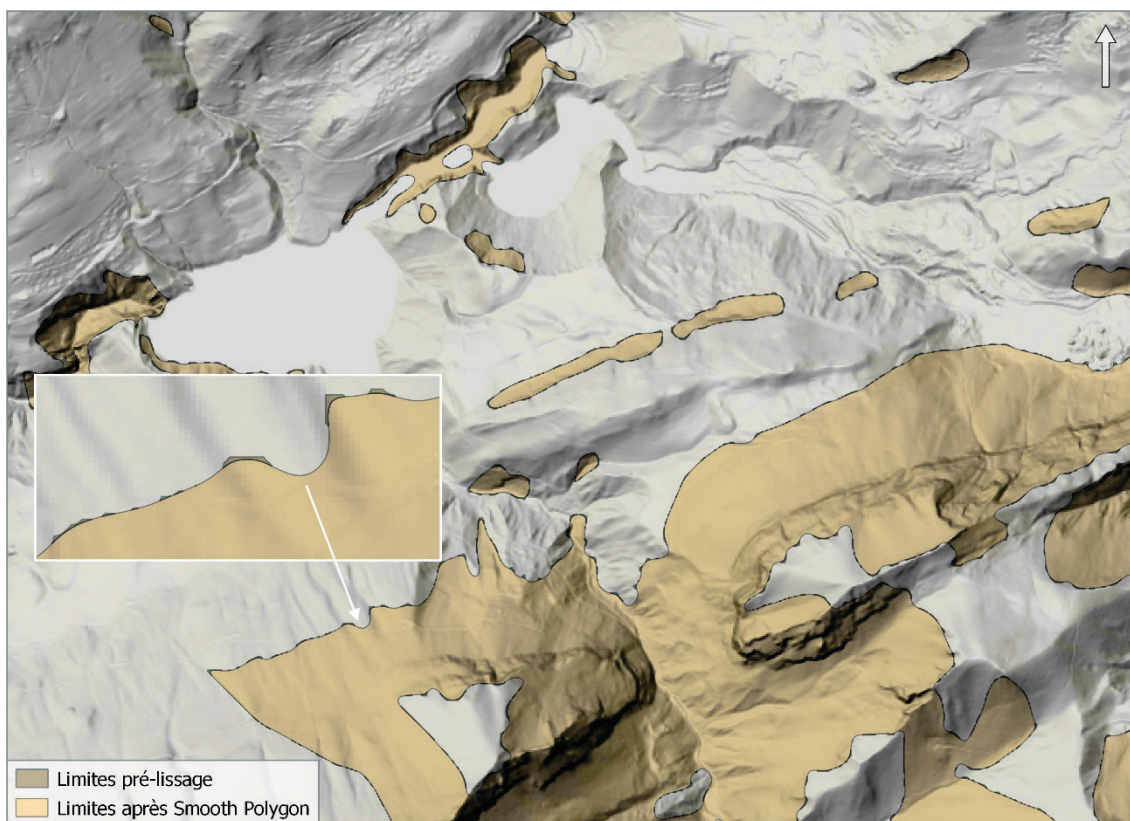


Figure 6 : Différences avant/après exécution du lissage des limites par *Smooth Polygon*. Exemple du projet pilote pour CHP.

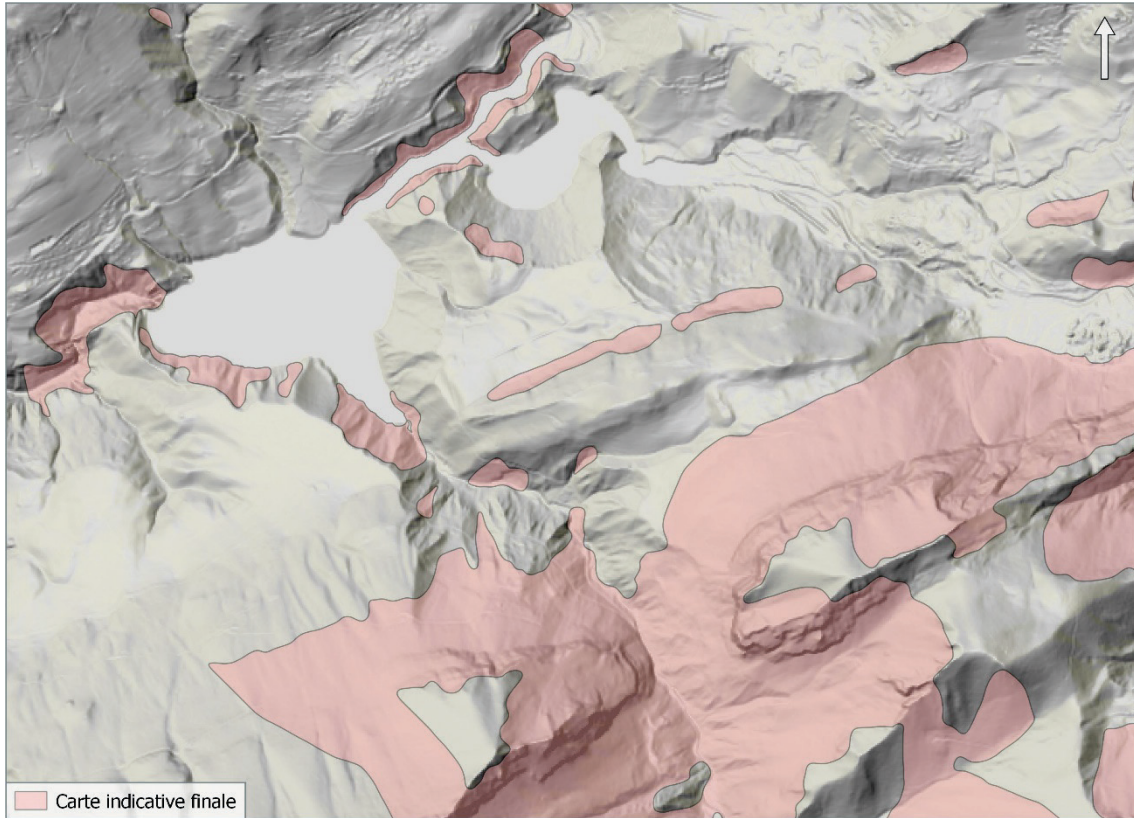


Figure 7 : Carte de danger indicative finale. Exemple du projet pilote pour CHP.

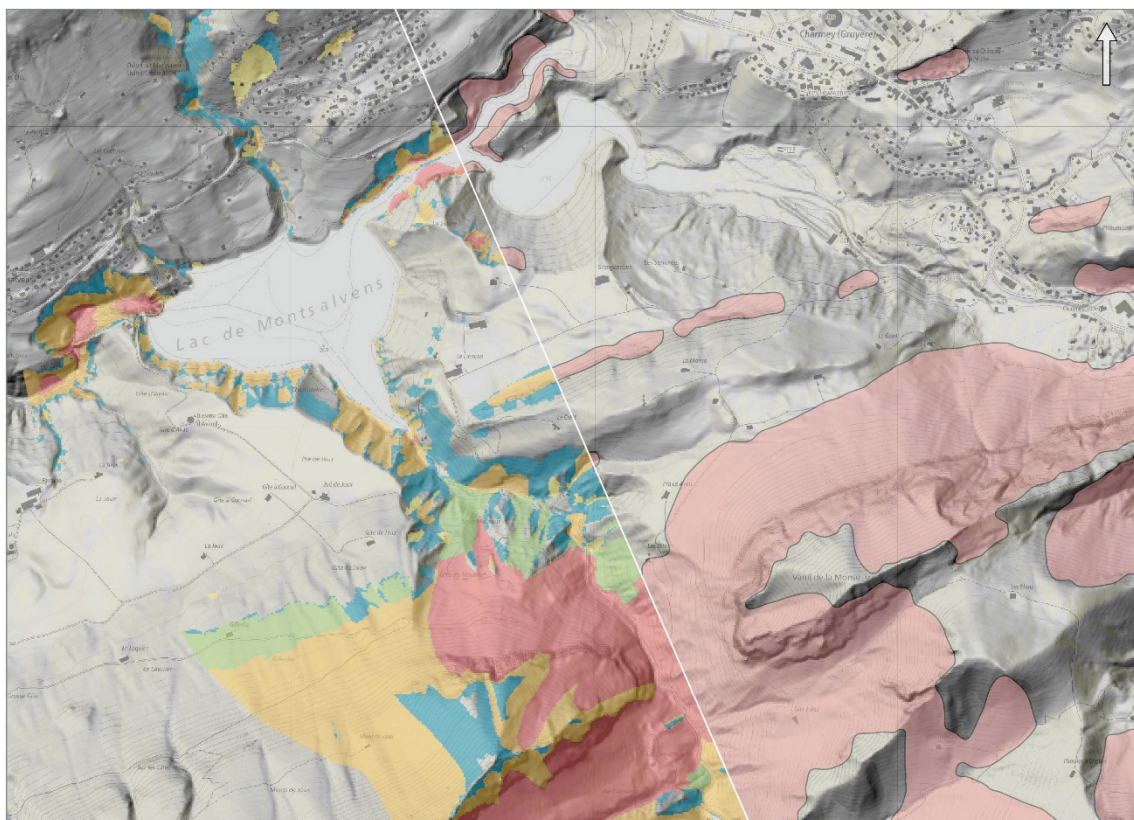


Figure 8 : Différences entre donnée source, i.e. périmètres indicatifs d'atteintes de CHP (gauche), et produit final, i.e. carte de danger indicatif de CHP (droite). Exemple du projet pilote.